

Procédé de traitement des métaux et articles obtenus.

Société dite : KAISER ALUMINUM & CHEMICAL CORPORATION résidant aux États-Unis d'Amérique.

Demandé le 30 avril 1954, à 15^h 24^m, à Paris.

Délivré le 3 août 1955. — Publié le 28 décembre 1955.

(Demande de brevet déposée aux États-Unis d'Amérique le 30 avril 1953, aux noms de MM. Allen W. HODGE et Eugene M. SMITH.)

La présente invention a trait au revêtement des métaux ferreux par des alliages à base d'aluminium, et plus particulièrement à un procédé pour munir, par immersion à chaud, des fils, feuillards, tôles, etc., faits de métaux ou alliages ferreux, tels que les aciers ordinaires et les aciers spéciaux, d'un revêtement fait d'un alliage à base d'aluminium et grâce auquel une résistance mécanique élevée et d'autres propriétés physiques désirables peuvent être communiquées au métal revêtu sans risque de rupture de la couche de revêtement. Cette invention concerne aussi les métaux et alliages composites obtenus par le procédé et les articles faits de ces métaux ou alliages.

Le revêtement des métaux ferreux par de l'aluminium est extrêmement désirable parce que la matière composite obtenue possède les propriétés supérieures de chacun de ces métaux. A la résistance mécanique et à d'autres caractéristiques désirables du noyau ferreux, la couche d'aluminium ajoute les propriétés remarquables de la résistance à la corrosion et à l'oxydation, tant aux températures atmosphériques qu'aux températures élevées, une meilleure conductivité électrique, une plus grande facilité d'union de l'aluminium au métal ferreux par des joints brasés et soudés et un aspect plus plaisant.

L'avantage que présente la fabrication de produits ferreux revêtus d'aluminium et possédant une très grande résistance mécanique ainsi que les propriétés énumérées ci-dessus que leur confère le revêtement, est maintenant bien reconnu. Une telle matière conviendrait éminemment pour de nombreux usages dans lesquels une résistance mécanique élevée du noyau ferreux ainsi qu'une bonne résistance à la corrosion, sont essentielles. Par exemple, pour diverses raisons, on désire depuis longtemps substituer au fil d'acier galvanisé ordinaire le fil d'acier à revêtement d'aluminium. Les procédés ordinaires de galvanisation du fil d'acier

par immersion à chaud n'ont pas donné entière satisfaction parce que certaines zones du fil sont laissées nues ou non revêtues. Les procédés appliqués pour revêtir les métaux d'un revêtement de zinc par l'électrolyse ont amélioré l'uniformité du revêtement, en comparaison avec la galvanisation par immersion à chaud, mais ils sont très coûteux. De plus, l'utilisation d'une couche de zinc est très indésirable du point de vue de la corrosion à laquelle le câble est soumis par l'action galvanique résultant du contact de métaux dissemblables. Conformément à la spécification A.S.T.M. : B 245 — 497, les fils d'acier à revêtement destinés aux câbles d'aluminium à armature d'acier doivent posséder une charge de rupture minimum à l'extension de 13 300 kg/cm² et un allongement minimum (sur 254 mm) de 4 %. Il existe de nombreux autres domaines tels que la fabrication des ressorts, etc. dans lesquels un métal ferreux à revêtement d'aluminium possédant une résistance mécanique élevée pourrait être utilisé.

On a proposé antérieurement à l'invention divers procédés pour revêtir les métaux ferreux par immersion à chaud. Ces procédés ne sont toutefois applicables au revêtement du métal ferreux que lorsqu'une résistance mécanique très élevée n'est pas exigée du produit fini. Les procédés de ce genre connus jusqu'à ce jour se sont avérés impropres à assurer la fabrication d'un produit satisfaisant de très grande résistance mécanique.

Pour illustrer le caractère impropre des procédés de revêtement antérieurement connus, on a tenté de revêtir d'aluminium et d'alliages d'aluminium un fil métallique riche en carbone ayant été soumis à un revenu très poussé et de soumettre ensuite ce fil à un étirage à froid pour le réduire au diamètre désiré et lui donner une charge de rupture à l'extension élevée, de l'ordre de 13 300 kg/cm² ou davantage. La température du bain de revêtement et la durée de l'immersion du métal ferreux

ont eu inévitablement comme résultat une forte diminution de la résistance à l'extension du métal dont est fait le noyau. En soumettant un tel fil métallique revêtu à des réductions extrêmement grandes de sa section transversale, on a pu dans certains cas regagner la majeure partie de la perte de résistance occasionnée par l'opération de revêtement, mais ceci a donné lieu à d'innombrables difficultés. Ces fortes réductions de la section transversale ont généralement occasionné la rupture du revêtement, celui-ci se détachant par exemple sous forme de lamelles ou d'écailles. De plus, on a constaté que la couche de revêtement était trop mince pour assurer la résistance nécessaire à la corrosion. En outre, on a constaté que la couche de revêtement se fissure ou se fend, apparemment comme résultat du fait que des composés cassants de fer-aluminium formés entre le noyau et la couche se brisent et font saillie à la surface. En outre, les flexions du fil métallique provoquaient fréquemment l'éclatement de la couche de revêtement en raison de sa faible résistance à la compression. De plus, on a constaté, que même lorsque certains fils regagnaient la majeure partie de la résistance à l'extension qu'ils avaient perdue par l'immersion à chaud, l'allongement était pratiquement nul et la ductilité du métal revêtu trop faible, outre que ces propriétés ne pouvaient pas être élevées à une valeur satisfaisante sans que ceci influe d'une manière préjudiciable sur la résistance à l'extension. Par conséquent, aucun des procédés de revêtement connus jusqu'à ce jour n'a permis d'obtenir un article ferreux à revêtement d'aluminium qui possède la combinaison désirable de propriétés de résistance à la corrosion, de résistance à la chaleur, d'aspect aéréable à l'œil, de résistance mécanique élevée et de ductilité convenables.

La présente invention a par conséquent pour objet principal un procédé nouveau et perfectionné de revêtement des métaux ferreux — et en particulier de l'acier — par des alliages à base d'aluminium qui surmontent les inconvénients des procédés antérieurs connus.

D'autres objets de l'invention résident dans un procédé tel que celui spécifié ci-dessus, présentant en outre les particularités ou avantages suivants :

Il permet d'obtenir des revêtements brillants, adhérents d'une façon tenace et sensiblement uniformes et lisses, outre qu'une résistance mécanique élevée, une ductilité adéquate et d'autres propriétés physiques désirables sont susceptibles d'être développées dans le produit composite résultant sans que ceci ait une influence nuisible sur le revêtement.

Le revêtement peut être réalisé de telle manière que le produit composite résultant se prête à des opérations d'érouissage sévères propres à développer des propriétés physiques élevées.

L'acier à revêtement d'aluminium obtenu pos-

sède une grande résistance mécanique et le revêtement obtenu adhère d'une manière tenace et est sensiblement uniforme et lisse.

L'opération de revêtement rend le noyau ferreux apte à subir de fortes réductions de sa section transversale sans que ceci nuise au revêtement.

L'invention a en outre pour objet les produits obtenus par la mise en pratique du procédé ci-dessus, c'est-à-dire un produit composite comprenant un noyau ferreux et un revêtement d'alliage à base d'aluminium et qui possède les avantages énumérés ci-dessus, tel notamment qu'un câble d'aluminium à armature d'acier.

Conformément à l'invention, il a découvert que les articles faits de métaux ferreux tels que les fils ou feuillards d'acier, etc. peuvent être revêtus d'alliages à base d'aluminium de telle manière que le produit composite obtenu se prête à de sévères réductions de sa section transversale à l'effet de développer une résistance mécanique élevée sans rompre le revêtement d'aluminium. D'une façon succincte l'invention consiste à nettoyer d'abord convenablement le fil, feuillard, etc. d'acier, appelé ci-après « produit », à chauffer le produit dans un milieu non oxydant approprié, pendant un temps et à une température suffisante pour amener l'acier à l'état austénitique et à plonger immédiatement après le métal chauffé dans un bain d'alliage à base d'aluminium approprié maintenu à une température prédéterminée, et à maintenir le métal à cette température pendant un temps suffisant pour développer une structure perlitique relativement fine dans le produit. Outre la perlite, le produit peut aussi contenir de la ferrite, ou phase cémentite, mais il ne contient pas de martensite. Par « phase ou état austénitique », on entend ici l'aire du diagramme de constitution fer-carbone dans laquelle existent des solutions solides dans lesquelles le fer gamma est le solvant. Selon l'ouvrage « Metals Hand-book », éd. 1939, pages 3 et 369, le mot « perlite » peut être considéré comme étant un agrégat lamellaire de ferrite (solution solide dans laquelle le fer alpha est le solvant) et de cémentite (composé de fer-carbone), qui sont des produits de la transformation isotherme de l'austénite.

La formation de cette structure perlitique relativement fine dans l'acier a comme conséquence que cet alliage se prête à un érouissage très poussé sans acquérir un caractère cassant, ce qui permet d'obtenir une résistance à l'extension très élevée. Lorsque cela est désirable, on peut soumettre la matière érouie à un traitement thermique propre à accroître les propriétés d'allongement et de ductilité du métal sans nuire à sa résistance mécanique. Par conséquent, on voit que grâce à la présente invention un métal ferreux peut maintenant être simultanément traité thermiquement et revêtu d'aluminium de sorte qu'il se prête à des opérations

subséquentes d'écroutissage et de traitement thermique propres à donner un produit composite possédant une charge de rupture élevée ainsi que des propriétés de ductilité et d'allongement désirables, en combinaison avec les propriétés de résistance à la corrosion, d'aspect plaisant, etc. qui constituent les attributs communément reconnus des revêtements d'aluminium.

On décrira maintenant l'invention avec plus de détail en se référant au dessin annexé, dont la figure 1 représente schématiquement une forme de réalisation de l'invention.

Dans cette figure, 1 désigne le produit d'acier (fil, feuillard, tôle, etc.), qui est déroulé continuellement d'une bobine montée sur un dévidoir approprié 2. On supposera dans ce qui suit que le produit en question est un fil d'acier.

Le fil 1 est conduit entre deux rouleaux d'entraînement appropriés 3, à la sortie desquels on peut le faire passer, si nécessaire, à travers un four à bleu ou oxyder convenable 4, dont le rôle est d'oxyder et d'éliminer toute graisse, huile ou autre matière volatile présente à la surface du fil. Le propane dilué, le butane ou un gaz naturel peuvent être utilisés comme combustible pour un tel four, qui doit être capable de chauffer le fil à une température d'au moins 426 à 482 °C environ.

À sa sortie du four à bleu, le fil est soumis à une opération de nettoyage. À cet effet, on le fait passer sur un rouleau fou approprié 5, puis descendre à l'intérieur d'une solution de décapage 6 contenue dans un bac convenable 7. Pour permettre de maintenir des portions progressives du fil submergées pendant un temps prédéterminé, on peut prévoir un dispositif ajustable 8 à rouleaux de submersion. La solution de décapage peut consister en un acide chlorhydrique dilué, par exemple en une solution à 50 % en volume de cet acide, bien que d'autres solutions de décapage ou d'autres procédés de nettoyage puissent être appliqués. La température de la solution de décapage est de préférence maintenue entre environ 43 et 65 °C. À sa sortie de la solution de décapage, le fil 1 passe entre deux rouleaux épongers appropriés 9 destinés à éliminer la plus grande partie du volume d'acide entraîné par le fil.

À sa sortie des rouleaux 9, on peut laver le fil de manière à le débarrasser complètement de l'acide en le faisant passer successivement à travers un bain d'eau froide 10 contenu dans un bac convenable 11 et un bain d'eau chaude 12 contenu dans un bac convenable 13. De même que dans le cas de la solution de décapage, des rouleaux de submersion ajustables 14 et 15 peuvent être prévus dans les bacs 11 et 13, respectivement. Pour faciliter le mouvement du fil entre les bacs de rinçage 11 et 13, il est prévu un rouleau fou approprié 16 par dessus lequel passe le fil.

À sa sortie du bac à eau chaude, le fil nettoyé est de préférence soumis à l'action d'une série de dispositifs à jets d'eau et brosses 17. Chacun des dispositifs 17 est actionné mécaniquement de manière à tourner à une vitesse périphérique qui est un multiple de la vitesse linéaire du fil, afin d'assurer une action de nettoyage convenable. À chacun des dispositifs 17 est de préférence adjoint un rouleau commandé 18. L'eau ayant servi au cours de l'opération de brossage est reçue par le bac à eau chaude 12 dans lequel elle agit à titre de solution de complément.

En quittant les dispositifs de brossage 17, le fil nettoyé peut, le cas échéant après son passage au-dessus et au-dessous de rouleaux de guidage fous appropriés 19 et 20, être amené à l'alignement d'un dispositif de séchage, tel qu'une étuve à air chaud appropriée 21. Cette étuve peut être équipée d'un régulateur de température automatique et être convenablement chauffée, par exemple par un chauffage indirect à l'aide de tubes rayonnants qui sont chauffés intérieurement à l'aide de propane, de butane ou d'un gaz naturel. D'autres moyens de chauffage, tels que ceux comportant l'application d'éléments de résistance électriques, peuvent aussi être utilisés avec succès.

À sa sortie du séchoir 21, on peut faire passer le fil 1 entre des rouleaux d'entraînement convenables 22, dont l'un au moins est actionné à partir d'un moteur approprié. Le fil 1 pénètre alors dans un four préchauffeur convenable 23, dont le rôle principal est de porter le fil à une température propre à l'amener dans l'échelle austénitique ou gamma, un rôle secondaire dudit four étant de réduire la durée nécessaire de l'immersion dans l'aluminium de revêtement. Un milieu non oxydant convenable est maintenu à l'intérieur de ce four. Comme exemples de milieux convenant pour le but envisagé, on citera l'oxyde de carbone, le gaz de gazogène ou un gaz synthétique composé approximativement de 10 % d'hydrogène et de 90 % d'azote.

L'une quelconque des nombreuses constructions de fours classiques peut être utilisée pour le four préchauffeur. Des orifices d'admission et d'échappement de gaz appropriés, 24 et 25, sont prévus pour l'introduction et la sortie du gaz destiné à constituer le milieu non oxydant du four. Ce four peut être chauffé de diverses façon (éléments de chauffage électriques, tubes rayonnants chauffés à l'aide d'un combustible, etc., ou des combinaisons de ces divers moyens). De plus, le fil d'acier peut être chauffé par une résistance électrique directe. Si on le désire, on peut prévoir des rouleaux ou guides appropriés 26 pour supporter le fil dans son passage à travers le four.

Pour effectuer le chauffage d'un acier au carbone ordinaire de manière à l'amener dans l'échelle au-

ténitique, la température la plus basse qu'il est possible d'appliquer est théoriquement de 723 °C; mais ceci ne s'applique qu'à l'acier ayant la composition eutectique (à 0,8 % de C). Cette température de 723 °C est basée sur le fait que l'acier doit être chauffé très lentement à travers la région critique, ainsi que sur l'hypothèse que le taux d'échauffement doit être suffisamment faible pour permettre l'établissement d'un état d'équilibre en tout temps. Toutefois, dans la pratique, un certain temps est nécessaire pour cette transformation parce que celle-ci implique des processus tels que la formation du noyau et la diffusion et le développement du grain à l'état solide. Par conséquent, lorsqu'on chauffe de l'acier de manière à le faire passer à travers la région critique à des taux d'échauffement pratiques, le point de transformation critique intervient à des températures plus élevées que celles indiquées sur le schéma de constitution du fer-carbone. Dans la pratique, on a constaté qu'il convient de chauffer le fil ou autre produit d'acier à une température d'au moins 760 °C environ, dans le cas de la composition eutectique. Si la composition de l'acier utilisé contient des proportions de carbone supérieures ou inférieures à celle de la composition eutectique, le métal doit nécessairement être porté à une température plus élevée, afin de redissoudre la ferrite ou la cémentite présente dans l'austénite. Par exemple, dans le cas d'un acier à 0,5 % de carbone, il est désirable d'appliquer une température d'au moins 788 °C environ, dans la pratique. Conformément à la présente invention, on a constaté qu'il est préférable de préchauffer l'acier contenant de 0,5 à 0,9 % environ de carbone à une température d'au moins 815 °C environ pour assurer qu'il est au stade austénitique au cours d'une période de temps pratique. On peut élever ou abaisser légèrement la température minimum lorsque l'acier contient de faibles quantités de constituants d'alliage tels que le manganèse, le chrome et le vanadium, mais on a trouvé que, dans la plupart des cas, il est désirable que le métal soit chauffé à une température d'au moins 815 °C environ. Des températures plus élevées peuvent être appliquées avec des résultats satisfaisants, et de telles températures plus élevées peuvent d'ailleurs être nécessaires dans certains cas, ceci dépendant de la composition de l'acier. Il va de soi que la température appliquée est susceptible d'être modifiée entre certaines limites, qui dépendent du temps de parcours des portions progressives du produit à travers le four et de la composition dudit produit.

A sa sortie du four préchauffeur 23, le fil préchauffé 1 est conduit de haut en bas, par l'intermédiaire d'une buse étanche à l'air ou goulotte enveloppée 27, de manière qu'il pénètre directement dans un bain à revêtement d'aluminium 29, contenu dans un four approprié 30. On a constaté qu'il

est essentiel que l'extrémité de sortie de la goulotte 27 soit noyée dans le bain fondu 29, de manière à exclure la présence d'air. Elle peut être faite de toute manière appropriée qui est inerte ou sensiblement inerte à l'égard de l'aluminium fondu, telle que le graphite par exemple. Grâce à cette goulotte, le fil préchauffé est amené au contact du milieu non oxydant du four de préchauffage immédiatement avant d'être immergé dans le bain de revêtement. On évite ainsi toute tendance de l'acier à s'oxyder, en particulier lorsque la vitesse du mouvement d'immersion est relativement faible. La goulotte 27 pourrait s'étendre de haut en bas suivant une inclinaison constante, c'est-à-dire en ligne droite, mais il est désirable, afin de réduire l'encombrement, de faire usage d'une goulotte brisée, telle que celle représentée schématiquement. En pareil cas, des moyens sont généralement prévus (tels qu'un ou plusieurs rouleaux fous appropriés 28) pour maintenir en tous points le fil chauffé hors de contact des surfaces intérieures de la goulotte.

Le four 30 du bain de revêtement d'aluminium peut être de l'une quelconque des nombreuses constructions classiques, et consister par exemple en un four chauffé par induction à l'aide d'un courant électrique à basse fréquence, ou en un four à bain de sel et à électrodes immergées. Pour assurer le maintien du fil d'acier à l'état submergé dans le bain de revêtement pendant un temps prédéterminé, le four est pourvu d'un rouleau submergé ajustable 31 qui, de même que les paliers et l'arbre nécessaires, peut être fabriqué à partir de toute matière appropriée inerte ou sensiblement inerte à l'égard de l'aluminium fondu, telle que le graphite ou le carbone dur.

On a constaté que la composition du bain de revêtement d'aluminium utilisé présente une grande importance pour la réalisation satisfaisante du présent procédé. En d'autres termes, la température à laquelle le bain de revêtement d'aluminium est suffisamment liquide pour revêtir d'une manière satisfaisante l'acier traversant ce bain et, en même temps, jouer le rôle d'un milieu de trempe et de retenue convenable, à l'effet d'assurer l'obtention de la structure perlitique désirée de l'acier, s'est avérée comme constituant un facteur critique. On a constaté que les alliages d'aluminium qui n'ont pas un caractère fluide satisfaisant à environ 649 °C ne conviennent pas pour le but envisagé. Par « fluide », on entend ici l'état permettant au produit d'acier immergé dans le bain d'être facilement revêtu d'une couche régulière et relativement mince. Cet état désiré de fluidité est généralement obtenu à une température excédant d'au moins 28 °C environ le point de fusion de l'alliage d'aluminium particulier utilisé. L'immersion d'un fil d'acier préchauffé dans un bain d'alliage d'aluminium maintenu à une température qui n'excède pas d'au moins 28 °C environ

le point de fusion de l'alliage a généralement comme résultat la production d'une couche de revêtement rugueuse et épaisse, c'est-à-dire un produit revêtu ne se prêtant pas à des opérations d'écrouissage sévères. On voit par conséquent que, à des fins pratiques, le succès de la présente invention est basé sur l'application d'un alliage à base d'aluminium ayant un point de fusion d'environ 621 °C ou plus bas. L'aluminium pur du commerce, dont le point de fusion est de l'ordre de 659 °C, n'a pas donné de résultats satisfaisants.

Bien que les buts de l'invention puissent être réalisés en faisant usage d'un bain d'alliage d'aluminium fondu dont la température n'excède pas environ 649 °C, il est extrêmement désirable de faire usage d'un bain dont la température est plus basse que celle indiquée, afin d'assurer un fonctionnement satisfaisant en dépit des variations de température qui se produisent inévitablement lorsqu'on s'efforce de maintenir le bain à une température constante. De plus, les basses températures sont désirables du point de vue de la réduction au minimum de la formation et du développement du composé de fer-aluminium cassant à l'interface de l'alliage d'acier-aluminium. On a constaté qu'il est préférable d'utiliser des alliages à base d'aluminium dont les points de fusion sont tels que le bain fondu puisse être maintenu à une température n'excédant pas environ 632 °C. Il est toutefois évident que des températures plus basses peuvent être utilisées avec succès pour le bain, la considération principale étant d'effectuer d'une manière satisfaisante le revêtement et le traitement thermique simultanés de l'acier. Comme exemples d'alliages à base d'aluminium appropriés, on mentionnera les alliages binaires d'aluminium-silicium, par exemple l'alliage eutectique composé de 11,6 % de silicium et de 88,4 % d'aluminium, dont le point de fusion est de 578 °C environ. Non seulement de tels alliages sont désirables du point de vue du bas point de fusion, mais le silicium présent tend à donner une couche intermétallique relativement mince et cassante de fer-aluminium dont on constate la présence entre le noyau en acier et la couche de revêtement en aluminium. Lorsqu'on le désire, on peut ajouter des quantités relativement faibles d'autres éléments d'alliage sans que ceci ait pour effet de modifier dans une mesure appréciable le point de fusion de l'alliage binaire. Le titane et le bore peuvent être ajoutés en quantités pouvant atteindre environ 0,03 % de chaque, à l'effet d'affiner le grain et d'améliorer l'aspect superficiel. Lorsque le titane et le bore sont appliqués en combinaison, il convient que leur total n'excède pas environ 0,03 %. Le béryllium peut être ajouté en quantités variant d'environ 0,009 à 0,02 % à l'effet de réduire au minimum l'oxydation ou la formation de scories à la surface du bain

de revêtement et la coloration qui en résulterait de la couche de revêtement.

Il convient de noter que, au cours de l'opération, que celle-ci soit discontinue ou continue, la teneur en fer du bain d'alliage d'aluminium fondu augmente progressivement en raison de la dissolution d'une partie du fer du produit immergé. Il existe divers moyens permettant de réduire la teneur en fer chaque fois que celle-ci atteint un pourcentage trop élevé, par exemple le point de saturation. Parmi ces moyens, on mentionnera celui consistant à interrompre l'opération de revêtement en permettant aux constituants de fer lourds de se séparer de l'alliage d'aluminium fondu en se déposant, ou l'addition à de nouvelles quantités d'alliage d'aluminium pur de manière à réduire effectivement la concentration du fer contenu dans le bain fondu total.

A sa sortie du bain de revêtement 29, le fil d'acier revêtu passe — de préférence par un mouvement vertical vers le haut — dans un tube de sortie convenable 32. Ce mouvement vertical du fil assure un égouttement régulier de l'excès de métal fondu du bain et, par suite, l'obtention d'un revêtement d'épaisseur et d'aspect uniformes. Pendant son mouvement vertical vers le haut, le revêtement du fil se solidifie et acquiert un fini brillant. Le tube 32 peut être fait de tout matériau réfractaire approprié, pourvu qu'il soit sensiblement inerte à l'action de l'aluminium fondu afin de faciliter son immersion dans le bain de métal de revêtement. Il convient d'utiliser un tel tube afin de diminuer la tendance de l'oxyde revêtant la surface du bain de revêtement qui entoure le tube à être entraîné par le fil émergent, ainsi que pour assurer le maintien d'un milieu calme au point d'émergence du fil métallique. Une fois la couche complètement solidifiée, le fil revêtu peut être guidé par un rouleau fou approprié 33, puis dirigé vers le bas par un autre rouleau fou 34. On peut ensuite le faire passer entre des rouleaux d'entraînement appropriés 35 dont l'un au moins est commandé, puis à partir de ces rouleaux à un dispositif réenrouleur ou mécanisme collecteur approprié 36, commandé par un moteur à vitesse réglable. Si on le désire, on peut prévoir en aval du réenrouleur 36 un mécanisme tronçonneur approprié 37, destiné à faciliter la production de tronçons de fil de longueurs diverses. Un tel mécanisme est particulièrement utile lorsque le procédé est véritablement continu.

Dans le cas d'un tel procédé véritablement continu, il peut être prévu près du dévidoir 2 une soudeuse appropriée (non représentée) et deux mécanismes à fosse ou puits de formation de boucle connus (non représentés), dont l'un serait placé entre la soudeuse et les rouleaux d'entraînement 3 et l'autre entre le rouleau fou 34 et les rouleaux d'entraînement 35. Le rôle et le fonctionnement des

mécanismes à fosse de bouclage de ce genre sont bien connus et il n'est donc pas nécessaire d'en donner une description détaillée.

On voit ainsi que le présent procédé permet d'effectuer simultanément le revêtement par l'aluminium et le traitement thermique d'un métal ferreux, tel que l'acier, de manière à obtenir un produit composite auquel on peut faire subir un écrouissage poussé à l'effet d'y faire naître des propriétés de résistance mécanique élevées. En se référant au dessin schématique, on voit que dans le cas d'un fil métallique, une ou plusieurs filières d'étréage ou de tréfilage appropriées 33 peuvent être installées en aval du mécanisme tronçonneur 37. Pour faciliter le mouvement du fil à travers les filières, on peut prévoir un dispositif de tirage approprié 39. Si le produit est soumis à une réduction extrêmement poussée de sa section transversale, il peut être avantageux d'adjoindre aux filières un dispositif destiné à les refroidir, tel qu'un passage refroidi par de l'eau, afin de supprimer toute tendance de la couche d'aluminium à s'échauffer à un degré excessif et à devenir molle ou à s'effriter, ce qui pourrait occasionner l'engorgement des filières et l'éclatement et la formation de déchirures de la couche. On peut faire usage de l'un quelconque des lubrifiants habituellement utilisés pour les filières, tels par exemple que la vaseline, la cire d'abeille, le carbowax, etc. Selon une variante, au lieu d'étréger ou tréfler le fil avant de l'enrouler, on peut d'abord l'enrouler et le soumettre, à toute période ultérieure désirée, aux opérations d'écrouissage nécessaires ou propres à développer la résistance mécanique élevée désirée du produit fini. Grâce au présent procédé, on a pu effectuer des réductions de 50 à 85 % et plus de la section transversale de l'acier revêtu sans rompre, déchirer ou provoquer l'éclatement de la couche; et ceci a permis de conférer au produit composite une résistance mécanique extrêmement élevée.

Après l'écrouissage du produit composite, il peut être désirable de soumettre ce produit à un traitement propre à uniformiser les efforts intérieurs, c'est-à-dire à supprimer sensiblement les contraintes, de manière à accroître certaines propriétés physiques, en particulier le pouvoir d'allongement et la ductilité. Par exemple, on a constaté que, dans certains cas, le fait de soumettre ensuite une charge du produit à une température de l'ordre de 204 à 315 °C pendant une période de trois à cinq heures améliore les propriétés physiques sans diminuer la résistance à la traction du produit. On peut aussi procéder à un traitement propre à supprimer les contraintes et à rendre le produit brillant par une opération continue dans laquelle la température est généralement de beaucoup supérieure, et la durée du traitement moindre, que dans le cas d'un traitement effectué sur des charges séparées. Par exemple,

on pourrait faire passer continuellement le produit écroui à travers un bain de plomb maintenu à une température de 432 °C à 538 °C.

A titre d'exemple, on décrira ci-après une opération réalisée en laboratoire pour illustrer la mise en œuvre de l'invention. On a effectué simultanément le revêtement d'un fil d'acier de 2,30 mm de la composition suivante : carbone, 0,68 %; manganèse, 0,85 %; phosphore, 0,018 %; soufre, 0,016 %; silicium, 0,21 %; le reste consistant en fer, et le traitement thermique de ce fil; et l'on a ensuite soumis le fil ainsi traité à un étréage. L'alliage d'aluminium dont était fait le revêtement consistait en un alliage eutectique binaire d'aluminium-silicium contenant 11,6 % environ de silicium. Le fil métallique avait été préchauffé dans un milieu gazeux de synthèse, par exemple à base d'hydrogène et d'azote, à une température d'environ 870 °C, puis immergé dans le bain de métal de revêtement fondu, maintenu à environ 610 °C. La vitesse du mouvement du fil était de l'ordre de 1,9 m par minute et le temps de séjour du fil dans le bain était d'environ 23 secondes. Le produit composite résultant comprenait un revêtement tenace, continu, uniforme et très lisse et un noyau en acier de structure perlitique relativement fine. Après avoir soumis le fil composite à une opération d'étréage ou de tréfilage propre à réduire sa section de 50 % à l'aide de filières appropriées, on a constaté que le fil possédait une charge de rupture de 15 120 kg/cm² environ, un allongement (sur 25,4 cm) de 1,8 %, et une bonne ductilité. De plus, on n'a relevé aucune marque de déchirure, d'éclatement ou de rupture de la couche. Pour améliorer le pouvoir d'allongement de ce fil, on l'a soumis à un traitement propre à supprimer les contraintes, lequel consistait en un chauffage à 315 °C pendant trois heures, ce traitement ayant eu pour effet d'élever l'allongement à 4,3 %. Cette uniformisation des efforts intérieurs n'a pas eu d'effet nuisible sur la charge de rupture du fil étiré. En fait, on a constaté qu'elle avait légèrement augmenté la résistance à l'extension.

Selon un autre exemple d'opération réalisée en laboratoire, on a effectué le revêtement et l'étréage d'un fil d'acier de 1,33 mm de diamètre, de la composition suivante : carbone, 0,59 %; manganèse, 0,89 %; phosphore, 0,02 %; soufre, 0,02 %; silicium, 0,21; le reste consistant en fer. La composition du bain de revêtement à base d'aluminium était semblable à celle de l'exemple précédent. Le fil avait été préchauffé dans une atmosphère gazeuse appropriée à une température d'environ 843 °C, puis immergé dans le bain fondu maintenu à environ 621 °C. La vitesse du mouvement du fil était de l'ordre de 3,3 m par minute et le temps d'immersion moyen d'environ 30 secondes. Après avoir soumis le fil revêtu à une réduction de 74 % de sa

section transversale, on a constaté que le produit possédait une charge de rupture d'environ 14 700 kg/cm², un allongement de l'ordre de 1,7 % et une bonne ductilité. La couche était exempte de fractures, de déchirures ou d'éclatement. On notera que la vitesse maximum du mouvement du produit et le temps de séjour minimum dudit produit dans le bain, dans ces opérations réalisées en laboratoire, étaient limités par la capacité du préchauffeur et que, sur une échelle industrielle, il serait possible d'accroître la vitesse et de réduire le temps d'immersion à des valeurs compatibles avec le minimum de temps nécessaire pour transformer isothermiquement l'austénite en une perlite relativement fine, ce processus étant bien connu du technicien spécialiste du traitement thermique des divers types d'acier.

Il convient aussi de noter que si les exemples ci-dessus se rapportent à des aciers ordinaires au carbone, il va de soi que ces exemples n'ont été donnés qu'à titre explicatif et ne limitent l'invention en aucune façon. Il existe de nombreux métaux ou alliages autres que les aciers ordinaires qui se prêtent à la mise en pratique de l'invention, comme par exemple les aciers spéciaux utilisés pour la construction des charpentes, les aciers à outils et d'autres aciers spéciaux à faible teneur en éléments d'alliage qui possèdent une résistance mécanique élevée. En principe, la présente invention est applicable à tous les aciers susceptibles d'être revêtus d'une couche d'aluminium et d'alliages à base d'aluminium et d'être traités de manière à acquérir la structure métallurgique nécessaire (perlite relativement fine) se prêtant à un écrouissage sévère à l'effet de développer une résistance mécanique très élevée.

A titre d'application particulière de l'invention, il est maintenant possible de fabriquer des câbles d'aluminium à armature d'acier dans lesquels le ou les torons constituant l'âme d'acier sont pourvus d'un revêtement fait d'un alliage à base d'aluminium, plutôt que du revêtement de zinc classique, ce qui élimine la corrosion indésirable. On se réfère maintenant à la figure 2 du dessin, qui illustre la section transversale d'un type de câble d'aluminium à armature d'acier et dans laquelle 40 désigne un fil ou toron simple en acier constituant l'âme, 41 le revêtement en alliage d'aluminium de ce fil et 42 une série de brins conducteurs en aluminium qui sont enroulés hélicoïdalement autour du noyau composite, au contact dudit noyau. Grâce à la présente invention, on peut fabriquer un tel câble composite à armature d'acier et à revêtement d'alliage d'aluminium qui satisfait à la condition d'une charge de rupture minimum de 13 300 kg/cm² et à la condition d'un allongement ultime minimum de 4 % (sur une longueur de 25,4 cm). Il va de soi que le câble représenté à la figure 2 ne constitue

qu'un exemple, auquel l'invention n'est pas limitée. De tels câbles d'aluminium peuvent comporter une armature ou âme composée de plusieurs torons d'acier revêtus et cette dernière peut être entourée de divers nombres de brins conducteurs en aluminium.

Bien que la forme de réalisation particulière décrite ci-dessus concerne le traitement d'un fil métallique, l'invention est également applicable au traitement d'autres formes de produits métalliques (bandes, feuilles, barres, tiges, etc.), chaque fois que des produits à revêtement d'aluminium de grande résistance mécanique sont désirés. Il y a lieu de noter également que le présent procédé peut être réalisé d'une façon continue, semi-continue ou intermittente (charges séparées). Lorsque l'invention sera réalisée sur des charges séparées, il faudra nécessairement prévoir un appareil propre à permettre d'immerger les articles ou produits dans le bain fondu et de les en retirer après une période de temps prédéterminée.

On voit ainsi que, grâce à la présente invention, un métal ferreux peut maintenant être revêtu d'alliages à base d'aluminium de manière qu'on obtienne un produit composite comportant un revêtement d'aluminium tenace, d'épaisseur sensiblement constante, sur un noyau possédant une structure perlitique relativement fine qui lui permet d'être sévèrement écroui et ainsi mis à même de conférer une résistance mécanique élevée au produit composite. La mise en œuvre de la présente invention permet la fabrication d'un métal ferreux à revêtement d'aluminium qui possède d'une part les propriétés les plus remarquables de résistance à la corrosion et à l'oxydation, à la fois, aux températures atmosphériques et aux températures élevées, une conductivité électrique accrue, une plus grande facilité dans l'établissement de joints soudés ou brasés entre l'aluminium et le métal ferreux, un aspect plus plaisant du revêtement et, d'autre part, une résistance mécanique extrêmement élevée et les autres propriétés désirables du métal dont est fait le noyau.

Bien entendu, l'invention est susceptible de recevoir diverses modifications rentrant dans le cadre et l'esprit de ladite invention.

RÉSUMÉ

I. Procédé pour revêtir l'acier d'une couche d'alliage à base d'aluminium et en même temps amener cet acier à un état tel qu'il se prête à un écrouissage sévère à l'effet de développer une résistance mécanique élevée dans ledit acier sans rompre la couche de revêtement, ce procédé étant caractérisé par les points suivants, séparément ou en combinaisons :

1° Il consiste à nettoyer l'acier, à le chauffer dans un milieu non oxydant à une température et pendant un temps suffisants pour amener cet acier à l'état austénitique, à faire passer ledit acier chauffé directement du milieu non oxydant à l'im-

térieur d'un bain de revêtement, fait dudit alliage à base d'aluminium fondu maintenu à une température inférieure à celle de l'acier chauffé, afin de refroidir ce dernier à ladite température, à maintenir ledit acier à cette température inférieure pendant un temps suffisant pour développer dans le métal une structure perlitique relativement fine et à retirer finalement du bain de revêtement l'acier isothermiquement transformé et revêtu;

2° L'acier est chauffé dans le milieu non oxydant à une température d'au moins 815 °C;

3° Le bain de l'alliage fondu constituant le revêtement est maintenu à une température n'excédant pas environ 650 °C et le point de fusion de l'alliage dont est fait ce bain n'excède pas environ 620 °C. la température à laquelle est maintenu le bain d'alliage fondu étant de préférence inférieure à 632 °C et excédant d'au moins 28 °C le point de fusion dudit alliage;

4° L'alliage dont est fait le bain contient 11,6 % environ de silicium, et la température du bain est d'environ 610 °C;

5° Le milieu non-oxydant est un gaz contenant environ 10 % d'hydrogène et 90 % d'azote;

6° Les diverses opérations spécifiées au paragraphe 1 sont conduites de façon continue;

7° Le taux et le degré du refroidissement de l'acier chauffé et le temps pendant lequel l'acier refroidit est maintenu à la température du bain de trempe et de revêtement sont réglés de manière à assurer le développement d'une structure perlitique relativement fine;

8° L'acier chauffé est retiré du bain d'alliage fondu par un mouvement ascendant approximativement vertical pendant la solidification de l'alliage revêtant ledit acier afin d'assurer l'obtention d'une couche de revêtement régulière par l'égouttage de l'excès de métal fondu;

9° On soumet l'acier revêtu à un écrouissage, de

préférence par réduction de sa section transversale, de manière à développer des propriétés de résistance mécanique élevées à l'intérieur de l'acier sans rompre son revêtement;

10° Le produit écroui est ensuite soumis à un revenu vu à tout autre traitement thermique propre à uniformiser les efforts intérieurs;

11° L'écrouissage est obtenu par une opération d'étirage ou équivalente propre à réduire d'au moins 50 % la section transversale du produit d'acier;

12° Le traitement d'uniformisation des efforts ou contraintes internes consiste en un chauffage du produit composite écroui à une température comprise entre environ 200° et 315 °C pendant environ trois à cinq heures.

11. A titre de produits industriels nouveaux, des câbles ou autres produits composites de résistance mécanique élevée, ductiles, résistants à la corrosion et revêtus d'une couche tenace et uniforme d'un alliage d'aluminium, obtenus par la mise en œuvre du procédé tel que défini au paragraphe I, ces produits possédant, en outre, une ou plusieurs des caractéristiques ou avantages suivants :

1° Ils possèdent une charge de rupture d'au moins 13 300 kg/cm², par exemple de 14 000 kg/cm² et au-dessus;

2° Leur allongement (sur une longueur de 254 mm) est d'au moins environ 4 %;

3° Dans le cas de câbles conducteurs en aluminium à armature d'acier, le câble comprend au moins une âme en acier composée d'un ou plusieurs torons en acier revêtus d'une couche tenace et uniforme d'alliage d'aluminium et entourés par une série de torons conducteurs en aluminium.

Société dite :

KAISER ALUMINUM & CHEMICAL CORPORATION.

Par précaution :

SIMONNOT, RIVET & BLENDILL.

N° 1.107.112

Société
Kaiser Aluminum & C

FIG.

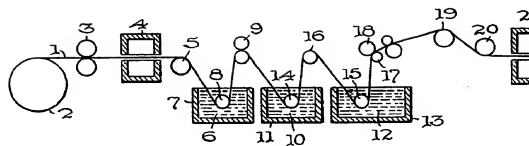


FIG. 2.

FIG. 1.

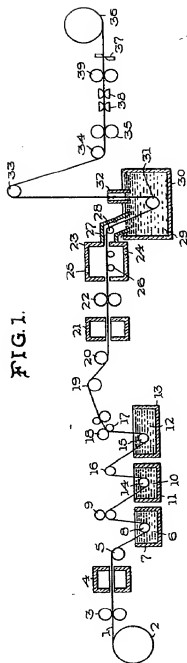


FIG. 2.

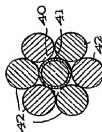


FIG. 1.

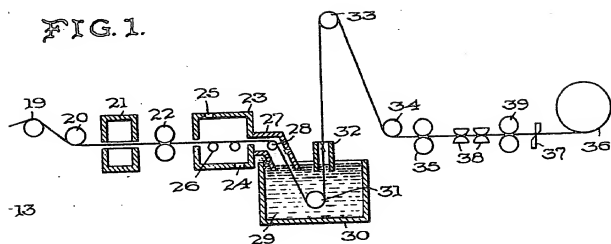


FIG. 2.

